

基于 DEM 的河道地形三维可视化研究

霍风霖, 贾艾晨

(大连理工大学 土木水利学院, 大连 116024)

摘要: 为了实现河道地形真实感显示, 运用了DEM(数字化高程模型)数据格式中的三角网格模型, 利用OpenGL提供的光照、材质、纹理映射, 反走样等技术实现了河道地形的三维可视化, 利用VC++及OpenGL中的平移、旋转、缩放等功能, 实现了河道地形三维动态显示的效果。在添加了多种工况的洪水数据后, 实现了河道流场可视化及防洪预测等相关功能。

关键词: DEM; 三维地形; 可视化; OpenGL

中图分类号: TP391.41; TV87 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9900(2006)02-0032-03

Research on three-dimensional visualization of river terrain based on digital elevation model

HUO Feng-lin, JIA Ai-chen

(School of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: In order to increase the facticity of river way terrain, this paper focuses on the Triangular Mesh Model in the Digital Elevation Model (DEM), using OpenGL method of illumination, material, texture map and antialiasing to realize the multi-dimensional visualization of river way terrain. The modeling transformation of removing, rotating and scaling in VC++ and OpenGL are also used in order to realize the dynamic displaying effect. Searching functions related to riverbank flood forecast can be realized after adding flooding data under various conditions.

Key words: DEM; Three-dimensional terrain; visualization; OpenGL

1 引言

地形三维可视化是一门利用数字化高程模型(DEM)显示仿真等内容的学科, 是图形学研究方向的热门课题。近年来, 地形三维可视化技术越来越广泛地运用于地理信息系统、防洪决策系统、虚拟环境仿真、国土资源管理等领域。随着科学技术的发展, 地形三维可视化逐渐成为当前对河道、湖泊和港口等进行防洪预测、河床演变分析研究的前沿及主要手段, 同时也是快速、及时再现地形三维信息及分析的有效手段。本文在开发河道防洪评估可视化系统工作中, 借助于OpenGL三维图形标准, 利用规则网格模型转化为三角形网格来显示河道三维地形, 在迭加多种工况洪水数据后, 实现了河道流场可视化。

2 数字化高程模型与OpenGL

2.1 DEM网格分类

表示DEM大体上分为3种: 等高线模型、TIN(不规则三角网)模型、Grid(正方形格网)模型。由于等高线模型自身存在着真实感不强, 包含信息量小等缺点, 应用相对较少。TIN和Grid是当前应用最为广泛的采用连续表面数字表示的数据结构。TIN具有许多明显的优点和缺点, 其最主要的优点就是可变分辨率, 当表面粗糙或变化剧烈时, TIN能包含大量的数据点; TIN还具有考虑重要表面数据点的能力,

这就导致了基于TIN的数据存储与操作非常复杂。Grid数据结构为典型的栅格数据结构, 每个格网点与其他相邻格网点之间的拓扑关系都已经隐藏在阵列的行列号中, 节点代表了格网的高程值。Grid的优点在于其数据结构简单, 数据存储量很小, 操作方便, 非常适合于大规模的使用和管理。其缺点就是对于复杂地形地貌, 难以确定合适的网格大小, 在地形简单地区容易产生大量的冗余数据, 在地形起伏比较复杂的地区, 这种数据结构又难以表示微起伏特征。

2.2 OpenGL简介

可视化、计算机动画、虚拟现实是当今图形学领域的3大热门话题, 其技术核心都是三维图形。SGI公司发布的作为三维图形编程接口的OpenGL, 作为一种三维图形工具软件包, 具有开放性并且独立于窗口系统和操作系统, 在交互式三维图形建模能力和编程方面具有无可比拟的优越性。OpenGL由大量功能强大的图形函数组成, 它集成了所有曲面造型、图形变换、光照材质、纹理像素操作、融合、反走样、雾化等复杂的计算机图形学算法。在VC++集成开发环境下, 基于OpenGL技术绘制三维图形的基本框架如图1所示。

OpenGL为实现逼真的三维绘制效果和建立交互的三维场景提供了高效实用的函数库, 开发人员可以利用这些函数对整个三维图形轻松地进行渲染。由于其独立于操作系统的特性, 以OpenGL为基础开发的应用程序可以十分方

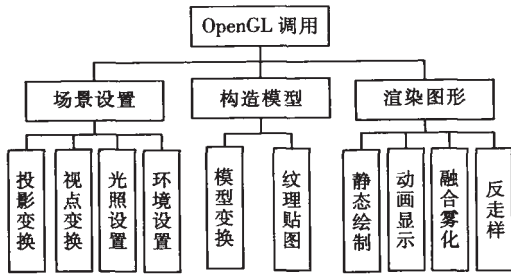


图1 基于OpenGL三维图形绘制框架

便地在各种操作平台间移植。目前OpenGL已成为国际上通用的开放式三维图形标准。

3 基于OpenGL的三维地形生成

3.1 数据组织

为实现河道地形的三维可视化,首先要对DEM的数据进行组织,DEM的获取有实地采集法、摄影测量法、现有图数字化法。由于本文采用的DEM数据具有量大及网格间距大的特点,使用了现有图数字化法。结合已有实际工程河道地形图,利用插值计算方法,得到了河道地形的Grid数据。由于规则网格数据会带来法向量二义性及平面失真,将规则网格数据转化为三角形网格数据;由于三角形具有准确无误的确定其平面法线的特征,很好地解决了平面向量二义性的问题,提高了显示效率。

结合两种数据格式的特点,基于河道地形整体起伏不大,局部有落差的情况,采用将Grid数据分解为三角网格的方法,构造了三角网格结构。根据规则数据生成三角网格一般有两种方式:一种是根据一定的法则,选择重要的点来建立三角形;另一种是直接将网格进行分解、组合得到三角形。本文采用了第二种网格分解方法(图2)。

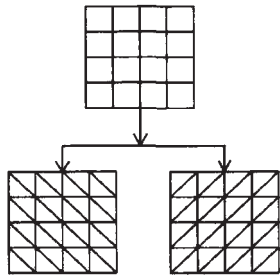


图2 规则格网转化为三角网格

根据DEM的数据格式,用Visual C++的I/O流读取数据并且过滤掉冗余信息。读取数据时要注意移动指针到准确的位置,以避免读取数据错误,循环读到用于存放高程的二维数组中。读完一列后,按照其格式把指针移到下一个数据段的起始处进行下一列数据的读取。

3.2 河道三维地形模型

在利用OpenGL绘制河道三维地形模型之前,需要设置相关的景观参数。首先对图形描述表(RC)及像素格式进行创建和设置;其次要对光源性质、光源方位、明暗处理方式、颜色模式及纹理映射方式等进行正确的设置;同时也要设定好视点位置及视点方向。OpenGL提供了相关参数可以对这些参数进行设置。

OpenGL处理的基本几何对象均围绕顶点来建立,glVertex()提供了相应的顶点坐标信息。采用以三角形面片为基本模型构造单元,绘制整体河道三角形的程序代码如下:

循环1:

循环2:

glBegin(GL_TRIANGLES),绘制三角形命令

glNormal3fv(m1);定义法线

glVertex3f(.....);顶点

glVertex3f(.....);顶点

glVertex3f(.....);顶点

glEnd();结束绘制

结束循环2;

结束循环1;

OpenGL只绘制位于视景体内的对象,在设置投影变换参数的时候,以地形的大小为参考依据选择合适的视景体范围,以便正确地显示模型对象。投影变换一般分为正交投影变换和透视投影变换两类,投影方式的选择取决于显示的内容和用途,透视投影类似于人眼观察外界事物,广泛应用于人眼视觉效果的研究领域;正交投影不会引起物体几何属性的改变,多应用于工程CAD等领域。

视口是计算机屏幕中用来绘图的一个矩形区域,在缺省情况下和窗口一样大,用窗口坐标来度量,反映了屏幕上的像素位置,视口原点相对于窗口的左下角。视口变换就是将视景体内的三维空间坐标映射为屏幕上的二维平面坐标。视口变换调用函数glViewport(0,0,cx,cy)实现,默认情况下视口高宽比等于视景体内的高宽比,否则显示在屏幕上的图形将会发生变形。

河道数据分为3个部分:主河道数据、左边堤坝数据、右边堤坝数据。利用程序同时调用3个数据库文件,由于考虑到主河道与堤坝数据的衔接问题,为便于整体构造三角网格,在绘制堤坝时,引入了河道边界数据。由于河道地形的高程起伏不大,而河道地形的长宽都相对较大,若以原始高程值显示河道地形时,就会造成立体感不强的效果,如图3(a)所示的原始高程河道地形局部显示。为在显示河道地形的同时兼顾地形的立体感显示,避免高程差过大而失真,采用了将河道高程放大30倍的方法,显示后和原始河道显示进行了对比,取得了很好的显示效果,放大30倍高程后的河道地形显示如图3(b)所示。



图3(a) 原始高程河道地形局部显示

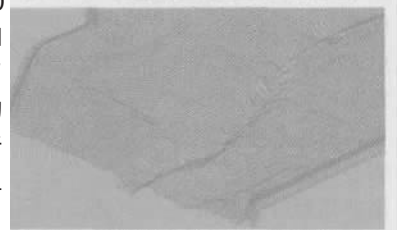
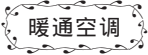


图3(b) 高程加倍后的河道地形局部显示

网格地形正确显示以后,必须正确设置法向量,OpenGL本身并未提供算法向量的相关函数。三维视图中,每个面都有两个方向,计算三角形法向量时必须按照相同的顺序从三角形取两条有向边,计算叉积并将叉积单位化,得到三角形的法向量。顶点的法向量可以通过计算顶点周边6个三角形的法向量的平均值即可,OpenGL默认的可见面就是以逆时针方向绘制的图形为可见面,通过调整OpenGL的相关参数设定不同的可见面(前可见、后可见、前后可见)。一般在进行真实感图形显示的时候,均默认以逆时针方向绘制图形、前可见。OpenGL利用其深度检测技术实现了这一功能,调用glEnable(GL_DEPTH_TEST)来达到这一目的。其



计算机辅助设计在供暖分户改造中的应用

赵 阳¹, 刘蔚蔚², 王继滨¹

(1. 秦皇岛经济技术开发区动力公司, 河北秦皇岛 066004; 2. 中国环境管理干部学院, 河北秦皇岛 066004)

摘 要: 供暖分户改造中, 利用原房间散热器片数和联接方式, 反算出房间热负荷, 根据新的联接方式, 可以确定房间所需的散热器片数。这一计算过程用手算相当繁琐, 计算结果不够精确。用计算机辅助计算方法, 计算快捷、结果更加准确。

关键词: 热负荷; 散热器; 计算机辅助计算

中图分类号: TP302 文献标识码: A 文章编号: 1672- 9900(2006) 02- 0034- 03

1 问题的提出

在供暖分户改造中, 存在着一个普遍关注的技术问题: 由于供暖系统连接形式由改造前的上供下回方式, 改为改造后的水平串联或者其他形式, 因此改造后房间散热器片数的确定, 成为一个技术难题。而且接受改造的小区供暖时间较早, 图纸资料往往不全甚至丢失, 所以很难根

据传统算法, 利用房间的围护结构参数确定房间的热负荷。由于房间原有散热器片数是已知的, 可以从原有的散热器片数和连接形式, 反算出房间的热负荷。根据新的散热器连接形式, 就可以确定改造后房间所需的散热器片数。为简化计算, 假定各立管出水温度完全一样, 经验算, 这种假设对计算结果影响较小。

收稿日期 2006- 01- 16

作者简介 赵 阳(1978-), 男(满族), 河北承德人, 助理工程师, 主要从事暖通技术研究及软件开发工作。(Tel) 0335- 3066160。

工作原理就是通过需要显示的空间模型上的点离视点的远近来判断, 离视点远的模型上的像素点要被离视点近的像素点屏蔽, 只显示离视点近的物体。这就大大提高了图形显示的运行速度和显示效果。

为使显示的河道地形有立体的效果, 设置一定的光照是至关重要的。光照射到物体的表面时, 一部分被物体吸收, 而另一部分被物体表面反射, 对于透明物体还有一部分光穿过透明体, 形成透射光, 进入人眼产生视觉效果的光只有反射光和透射光。光强决定了物体的显示的亮度, 而光不用的波长则决定了物体表面的颜色。一般通过函数 `glLightfv()` 来设置光源, 光源设置后还需调用 `glEnable(GL_LIGHTING)` 来

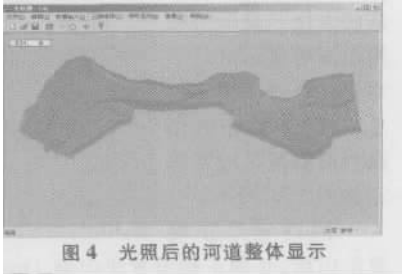


图4 光照后的河道整体显示

4 叠加洪水数据后的显示

三维地形可视化的一个重要应用就是在防洪预测及河道演变中的运用。在实现河道地形的三维可视化后, 通过导入河流水面高程数据实现了河道流场可视化。洪水数据分为4个部分: 50年洪水、100年洪水、50年有桥洪水、100年有桥洪水。由于桥墩影响了河道相关过流断面的面积, 造成桥墩上游壅水, 所以后两个洪水数据高程值较大, 对于堤坝防洪具有很大影响。利用OpenGL提供的深度检测技术很好地实现了河道地形与洪水的叠加, 形成了一个基于DEM的三维流场可视化系统, 并且取得了很好的显示效

果。图5为添加了洪水数据后的河道显示。

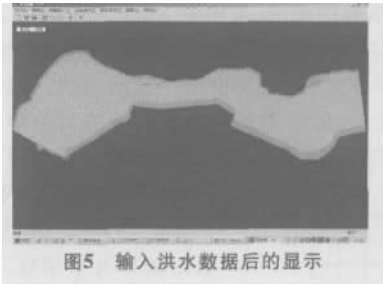


图5 输入洪水数据后的显示

5 结语

以Visual C++ 6.0为开发平台, 构建三角格网生成了大约5.53MB的数据, 利用面向对象的程序设计方法, 结合使用OpenGL所提供的用于图形编程的API函数, 实现了对DEM数据文件的三维实时可视化和不同工况下的洪水数据的可视化, 实现了平移、旋转、放缩等交互式观察功能。由于给定的河流数据是基于文本的静态数据, 目前还只能形成一个静态的三维流场可视化; 在具有给定动态数据的条件下, 可以通过OpenGL轻松地实现具有动画效果的流场可视化。所研究的可视化方法在防洪预测及灾情评估等方面具有一定的应用价值, 提供了较为直观的分析。

参考文献:

- [1] 和平鸽工作室编著. OpenGL高级编程与可视化系统开发[M]. 中国水利水电出版社, 2003.1.
- [2] (美) Dave Shreiner主编. OpenGL参考手册[k]. 机械工业出版社, 2001.1.
- [3] 向世明编著. OpenGL编程与实例[M]. 电子工业出版社, 1999.
- [4] 贾艾晨, 韩国城, 魏小鹏. 大坝地震反应数据场三维动态可视化[J]. 水利学报, 2003, 41, 106-110.
- [5] 孙家广, 杨长贵编著. 计算机图形学(新版)[M]. 清华大学出版社, 1995.5.
- [6] 唐泽圣等. 三维数据场可视化[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.